

汉德车桥后轮毂机加 E 线 MES 可视化看板产品需求文档

评审版 V1.1.0

适用范围：桥六厂后轮毂机加 E 线

文档日期：2026 年 9 月 9 日

文档状态：待评审

文档说明

本文档定义汉德车桥后轮毂机加 E 线 MES 可视化看板的业务目标、页面结构、指标口径、功能规则、数据集成、非功能要求和验收标准。看板定位为只读生产大屏，从上游 MES 获取数据，用于班中监控、班次交接和工艺分析，不承担设备采集、人工报工或工单业务处理。

核心结论：本期交付由产线总览、工单管理、产线瓶颈监控组成的三页只读看板。附件中的 967 秒来自自动打孔现场周期观测，应作为标准 CT 样例；TT 必须由计划可用生产时间与客户需求量计算，不能直接用 967 秒替代。瓶颈必须经过有效样本、等效 CT、连续三次稳定性和 TT 超限四层判断。

交互原型：<https://hand-axle-mes-e-line.tender-pike-4419.chatgpt.site>

版本记录

版本	日期	修订人	状态	备注
V1.0.0	2026/09/09	[待确认] 产品负责人	已整理	形成业务背景、指标口径与基础功能需求
V1.1.0	2026/09/09	[待确认] 产品负责人	待评审	整理为三页产品结构，细化瓶颈判定、工单详情交互与看板集成方案

目录

- 1. 概述：背景、目标、用户、名词、角色与阅读对象
- 2. 产品描述：范围、流程、全局规则、版本规划、产品框架与功能清单
- 3. 功能需求：产线总览、工单管理、瓶颈监控、页面导航、刷新与降级
- 4. 非功能需求：安全、埋点、性能、数据设计与系统集成
- 5. 附录：验收标准、口径决策、待确认项与交接摘要

一 概述

1.1 产品概述及目标

1.1.1 背景介绍

后轮毂机加 E 线位于桥六厂，是覆盖上料、加工、翻转打标、打孔、清洗、下料六道核心工序的自动化机加工产线。现阶段工时与产量仍存在纸质记录和人工汇总，班组长难以及时掌握班中状态，工艺员缺少统一的工序周期横向对比。

现场材料显示：自动打孔周期约 967 至 974 秒，加工工位完整循环约 1894 秒，其中有效加工约 1213 秒、等待约 586 秒；实际产量样例约 27 件每班。上述数字只作为需求背景和验收测试样例，生产看板的正式结果以上游 MES 同口径数据为准。

1.1.2 产品概述

产品采用三页式只读大屏：产线总览首页集中展示 OEE、TT 节拍、不良率、工单进度和六工序状态；工单管理页展示工单列表并支持点击查看详情弹窗；产线瓶颈监控页展示实际 CT、标准 CT、TT、等待时间、样本量和瓶颈结论。三页通过固定顶部导航切换，不提供任何生产业务写入能力。

1.1.3 产品目标

业务目标

目标	衡量指标	目标值	验证周期
统一看板口径	产量、OEE、质量、工单与 MES 对账一致率	100%	上线验收及每次口径变更
提高数据及时性	正常生产时段内有效刷新成功率	[待确认] 建议不低于 99%	上线后首月
及时暴露数据问题	延迟、缺失或接口失败状态可见时间	不超过 1 个刷新周期	上线验收
支撑班次交接	待处理工单完整展示率	100%	上线验收

用户目标

目标用户	用户目标	衡量方式
班组长	在一个屏幕掌握当前班次产量、效率、质	关键指标在首屏可见，异常有明确状态

目标用户	用户目标	衡量方式
	量和未结工单	
工艺员	按产品和工艺版本比较工位周期，定位瓶颈与等待浪费	能区分 CT、标准周期与 TT，数据不足时不误判

1.1.4 目标用户

角色	典型场景	核心诉求
班组长	班中巡线、班次交接	快速确认产量、OEE、质量异常、超期或挂起工单
工艺员	工时分析、产线改善	比较工序实际 CT、标准 CT、等待时间和样本量，判断瓶颈
MES 管理员 [假设]	后台配置与故障排查	维护班次、阈值、刷新周期和接口配置，不在大屏执行生产业务

1.2 名词说明

名词	定义
MES	制造执行系统，是看板的上游业务数据来源。
OEE	设备综合效率，等于时间开动率乘以性能开动率乘以合格率。
CT	Cycle Time，单件在某工序完成一次有效生产循环的实际或标准周期时间。
TT	Takt Time，客户需求节拍，等于计划可用生产时间除以客户需求数量。
计划生产时间	班次总时长扣除计划停产时间后的可生产时长。
运行时间	计划生产时间扣除故障等非计划停机后的实际运行时长。
瓶颈工位	有效生产能力最低、实际 CT 最长并限制整线产出的有效工位。
数据新鲜度	当前时间与最近一次成功获取上游数据时间的差值。
当前生产日期	按 MES 班次日历归属的生产日期，跨午夜班次不得使用自然日切换。

1.3 角色及权限

角色	看板权限	数据范围	限制
班组长	查看、切换只读展示范围 [假设]	桥六厂后轮毂机加 E 线	无新增、修改、删除、报工、关单权限
工艺员	查看、切换只读展示范围 [假设]	桥六厂后轮毂机加 E 线	无参数写回和工艺变更权限
MES 管理员 [假设]	后台配置、接口诊断	授权范围	配置操作需留审计日志
大屏匿名模式 [待确认]	仅查看	固定产线	不得暴露个人敏感信息或可写入口

1.4 文档阅读对象

对象	重点关注
业务负责人、车间管理	目标、范围、口径决策、待确认项
产品与 UI	页面结构、展示优先级、状态与交互
前后端研发	流程、字段、计算规则、接口、异常与缓存
测试	验收标准、边界条件、异常场景
MES 与设备团队	数据来源、时间口径、工艺版本、停机分类

二 产品描述

2.1 产品需求描述

本期交付一个面向生产现场的 MES 只读可视化看板。所有业务数据由 MES 接口或只读数据服务提供；看板负责同口径计算、展示、自动刷新、状态标识与有限缓存，不向 MES 写回数据。

本期范围

- 展示当前生产日期、班次、固定产线、当前产品和最近数据更新时间。
- 展示总产量、计划数量、完成率、OEE 及三项组成指标、不良数量、不良率、待处理工单统计。
- 展示六道工序的实际平均 CT、标准 CT、时间偏差率、等待时间、样本量和工位状态。
- 标识瓶颈、超过 TT、数据不足、设备离线、数据延迟与接口异常。
- 展示待处理工单列表，并按后台配置周期自动刷新。

本期不做

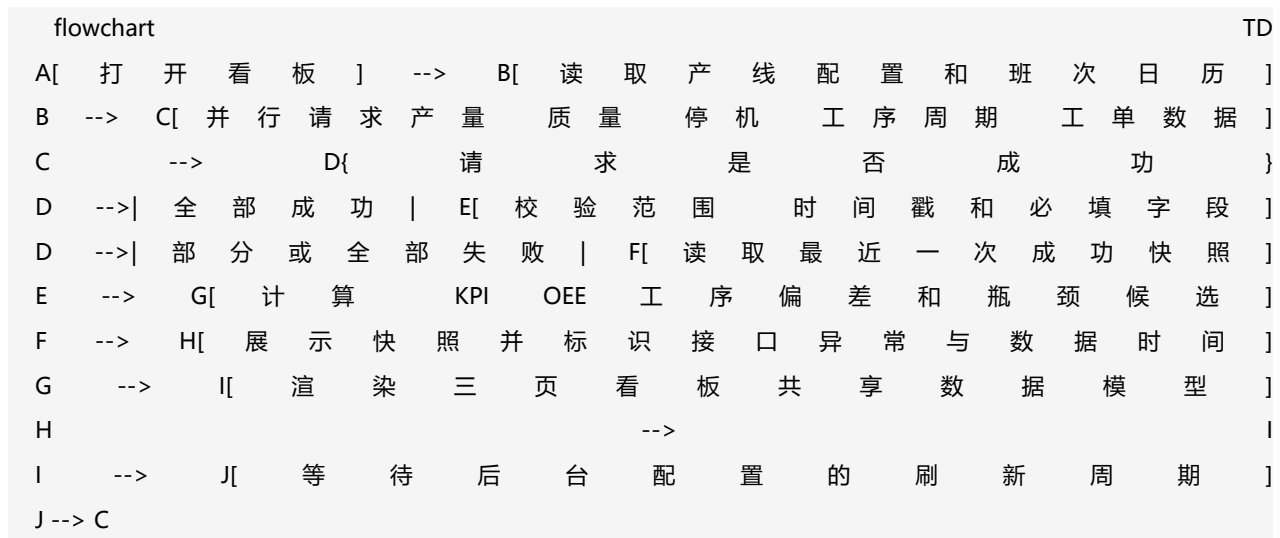
- PLC、传感器和设备侧数据采集。
- 人工报工、纸质表单录入或数据补录。
- 数据新增、修改、删除、保存和生产参数写回。
- 工单下达、暂停、关闭、取消及异常处置。
- 设备远程控制、自动排产、人员排班、报表导出。
- 预测性维护、质量根因分析和自动改善建议。

前置条件

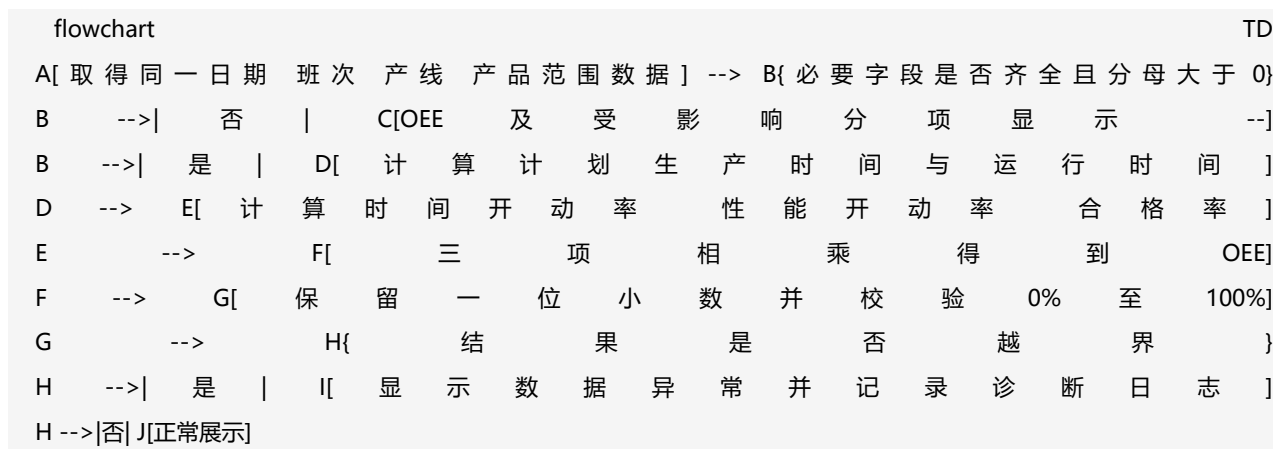
编号	前置条件	不满足时的影响
P-01	MES 提供产量、工单、质量、运行时间、停机分类和工序周期数据	无法形成完整看板或计算 OEE
P-02	每件产品有稳定且可去重的唯一标识	总产量、合格率与返工去重可能错误
P-03	MES 能区分计划停产与非计划停机	时间开动率无法准确计算
P-04	MES 按产品和工艺版本提供标准 CT 与理想周期时间	性能开动率和工序偏差无法计算
P-05	MES 提供班次日历、客户需求量或已计算 TT	无法判断是否满足需求节奏

2.2 产品整体流程

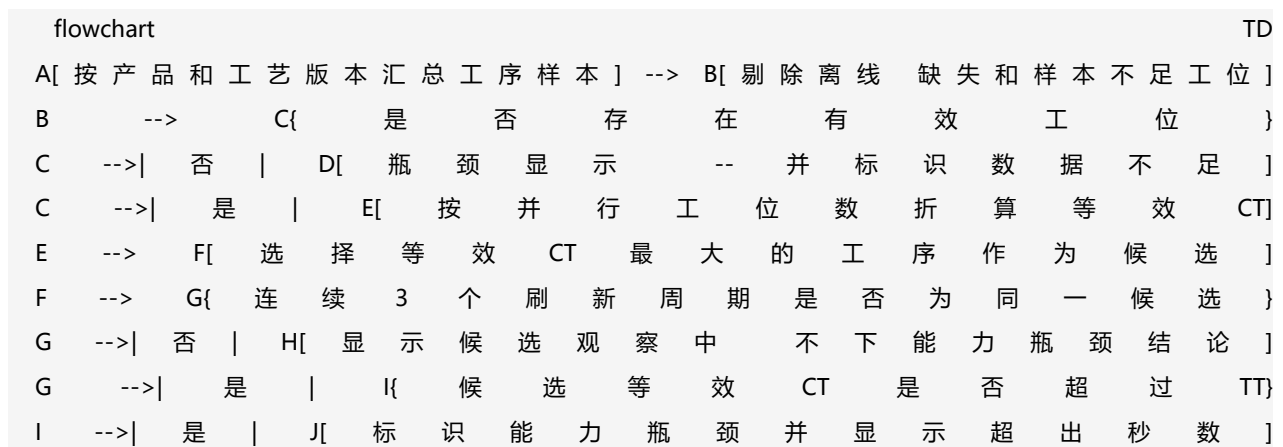
2.2.1 主流程



2.2.2 OEE 计算子流程



2.2.3 瓶颈判断子流程

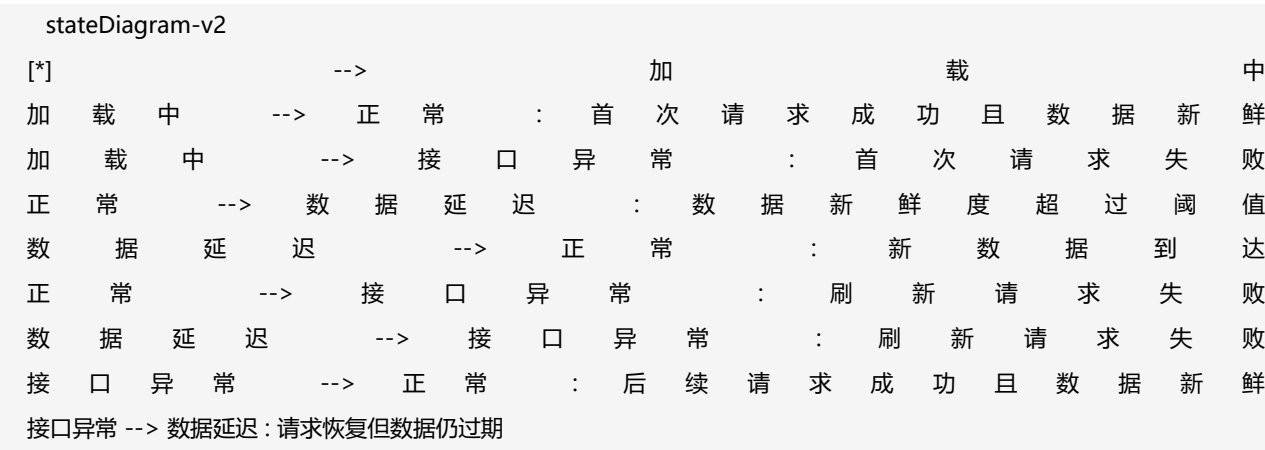




2.2.4 数据流图



2.2.5 数据状态转换



2.3 全局说明

2.3.1 统计范围与口径一致性

规则	说明
统一范围	同屏所有 KPI 必须使用相同生产日期、班次、产线和产品范围。
班次归属	当前班次与生产日期由 MES 班次日历判断，跨午夜班次归属沿用 MES。

规则	说明
混线产品	不得把不同产品或不同工艺版本的 CT 直接平均。默认展示最新活动工单产品，可通过只读产品切换器查看其他活动产品 [假设]。
工艺版本	新数据使用生效时的版本；历史数据保留原版本口径。
单位	周期和等待时间统一为秒，产量统一为件，比率统一为百分比。
精度	时间展示整数秒；百分比保留 1 位小数；数量展示整数。
缺失值	统一显示 "--"，不得以 0 代替。

2.3.2 全局异常处理

异常场景	展示与处理	用户提示
首次加载失败且无快照	相关模块显示空状态；页面保留顶部状态与重试入口 [假设]	数据加载失败，请稍后重试
刷新失败但有快照	保留最近成功数据；全局状态变为接口异常；显示数据时间	接口异常，当前为最近一次成功数据
数据超过新鲜度阈值	保留数据并标记数据延迟	数据更新延迟，最近更新于 YYYY-MM-DD HH:mm:ss
必要字段缺失	仅受影响指标显示 --；其他模块继续展示	数据缺失，请联系 MES 管理员
分母为 0	对应比率显示 --；不得报错或显示无穷大	当前范围无法计算
权限不足	不展示业务数据，记录鉴权失败日志	无查看权限
计算越界	指标显示 -- 并记录输入快照与规则版本	数据口径异常

2.3.3 待处理工单列表规则

规则项	说明
入选条件	状态为已下达、生产中或异常挂起；完成数量小于计划数量；未关闭且未取消。
超期	计划完成时间早于当前时间且工单仍满足入选条件。
排序	超期优先，其次异常挂起，再按计划完成时间升序，最后按工单号升序。
行数	首屏展示 10 条 [待确认]；超过时自动轮播或分页，默认每 15 秒切换 [待确认]。

规则项	说明
空状态	显示“当前无待处理工单”。
重复	按工单唯一编号去重；同编号多记录取 MES 最新版本。

2.3.4 全局交互

场景	规则
自动刷新	默认每 60 秒请求一次 [待确认]；大屏端不能修改刷新频率。
手动刷新 [假设]	点击后立即请求；请求期间禁用按钮，防止重复提交。
全屏展示	支持浏览器全屏；页面在 1920×1080 下无需纵向滚动。
产品切换 [假设]	仅切换 CT 图表和相关工艺口径，不改变班次总 KPI；选项来自当前班次活动产品。
异常可识别性	除颜色外同时使用文字或图标，避免仅靠颜色区分。
时间	按 Asia/Shanghai 展示 24 小时制时间。

2.3.5 页面导航与弹窗

交互	触发	结果	约束
产线总览	点击顶部“产线总览”	切换至首页并保留当前筛选范围	当前页导航高亮；不得重新计算不同口径数据
工单管理	点击顶部“工单管理”或首页工单进度卡片	切换至工单列表	默认沿用当前产线、生产日期和班次
瓶颈监控	点击顶部“瓶颈监控”或首页瓶颈提示	切换至瓶颈监控页	直接展示当前候选工位和判定依据
工单详情	点击任一工单行	打开居中详情弹窗	背景遮罩；支持关闭按钮、Esc 和点击遮罩关闭
返回首页	点击瓶颈页返回首页按钮	切换至产线总览	保持筛选条件与最近成功数据快照

2.4 产品版本规划

版本	范围	计划时间	状态
V1.0	三页式只读看板、核心 KPI、	[待确认]	本 PRD 范围

版本	范围	计划时间	状态
	OEE、工序 CT、瓶颈、工单详情、页面跳转、自动刷新与降级		
V1.1	历史班次查询、趋势对比、报表导出、更多产线复用	[待确认]	候选范围
V2.0	预测性维护、质量根因分析、改善闭环	[待确认]	远期设想

2.5 产品框架

层级	模块	职责
展示层	全局导航与状态栏	三页切换；展示生产日期、班次、产线、产品、数据时间和状态
展示层	产线总览首页	OEE、TT、不良率、工单进度和六工序状态
展示层	工单管理页	未完成、超期、异常挂起工单列表及只读详情弹窗
展示层	瓶颈监控页	实际 CT、标准 CT、TT、等待、样本量、稳定性与瓶颈状态
服务层	口径计算与校验	范围对齐、计算、缺失和越界处理
服务层	刷新、缓存与日志	定时拉取、最近成功快照、接口和计算日志
数据层	MES 只读接口	生产、质量、停机、工序、工单、班次与工艺版本数据

2.6 功能清单

编号	模块	功能	优先级	版本
F-01	全局导航	三页切换、返回首页、产线与数据状态	P0	V1.0
F-02	产线总览	OEE、TT、不良率、工单进度和六工序状态	P0	V1.0
F-03	OEE	OEE 与时间开动率、性能	P0	V1.0

编号	模块	功能	优先级	版本
		开动率、合格率		
F-04	工序周期	六道工序实际 CT、标准 CT、TT、偏差率、等待与样本量	P0	V1.0
F-05	瓶颈识别	瓶颈候选、节拍超限和数据不足状态	P0	V1.0
F-06	工单管理	待处理、超期和异常挂起工单列表；点击查看详情弹窗	P0	V1.0
F-07	刷新与降级	自动刷新、快照保留、延迟与接口异常	P0	V1.0
F-08	手动刷新	用户触发一次即时刷新	P1	V1.0
F-09	产品切换	混线场景查看不同产品的工序周期	P1	V1.0

三 功能需求

3.1 页面顶部与数据状态

3.1.1 描述

固定展示当前看板的统计范围和数据可信状态，使用户无需解释即可判断数据属于哪一天、哪个班次、哪条线、哪个产品，以及数据是否新鲜。

3.1.2 用户故事

- 作为班组长，我希望一眼确认当前班次和最近数据时间，以便判断看板能否用于班中决策。
- 作为工艺员，我希望确认当前产品与工艺口径，以便正确解释工序周期。

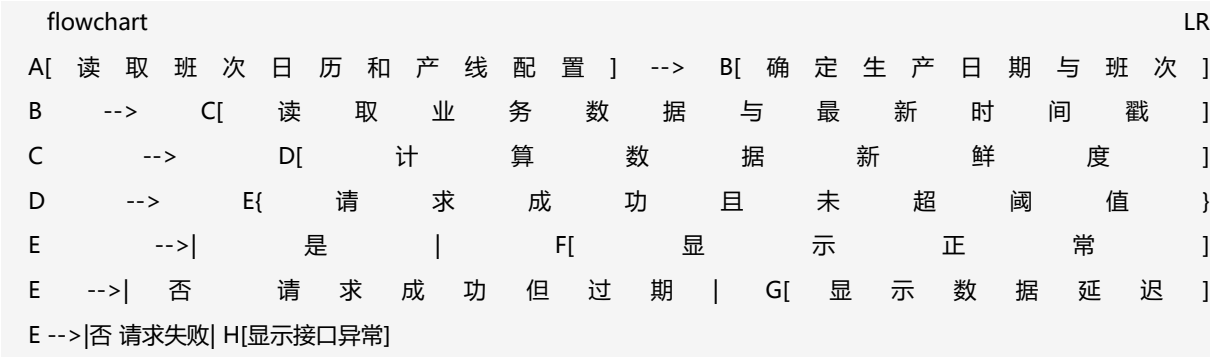
3.1.3 前置与后置条件

类型	条件
前置	班次日历、产线配置、系统时间和最近成功数据时间可用。
后置	所有下游模块继承同一统计范围；状态变化写入监控日志。

3.1.4 界面及交互

元素	类型	默认值	规则	反馈
产线名称	只读文本	后轮毂机加 E 线	配置项，不允许大屏修改	无
生产日期	只读日期	当前班次归属日	使用 MES 班次日历	无
当前班次	只读文本	自动判断	使用 MES 班次编码和名称	无法判断时显示 --
产品型号	只读文本或下拉 [假设]	最新活动工单产品	混线时可切换 CT 口径	切换后图表显示加载状态
当前时间	时钟	系统时间	每秒更新，不触发业务数据请求	无
数据更新时间	时间戳	最近成功时间	精确到秒	异常时仍保留
数据状态	文字加图标	加载中	正常、数据延迟、接口异常	状态变化立即可见
立即刷新	按钮 [假设]	可点击	请求中禁用	成功或失败后更新状态

3.1.5 业务流程



3.1.6 异常与分支

场景	触发条件	处理	提示
班次无法识别	班次日历缺失或时间不匹配	当前班次显示 --，核心指标不计算	班次配置异常
时间戳缺失	业务数据无 source_time	状态标识为数据缺失	无法确认数据更新时间
浏览器时间偏差	客户端与服务端偏差超过 30 秒 [待确认]	以服务端时间为准并记录日志	终端时间异常

3.1.7 数据字典

字段名	类型	必填	说明	示例
line_code	String(32)	是	产线编码	HUB-E
line_name	String(64)	是	产线名称	后轮毂机加 E 线
production_date	Date	是	MES 生产日期	2026-09-09
shift_code	String(32)	是	班次编码	DAY
shift_name	String(32)	是	班次名称	白班
product_code	String(64)	条件必填	当前产品编码	HUB-001
source_time	DateTime	是	上游数据时间	2026-09-09 14:30:00
data_status	Enum	是	LOADING/NORMAL/DELAYED/ERROR	NORMAL

3.2 核心指标区

3.2.1 描述

展示当前班次的产量完成、质量和待处理工单概览。OEE 在独立模块展示，同时可在核心区显示结果摘要。

3.2.2 用户故事

- 作为班组长，我希望快速看到计划与实际差距，以便安排班中跟进。
- 作为班组长，我希望看到不良和待处理工单，以便交接时不遗漏。

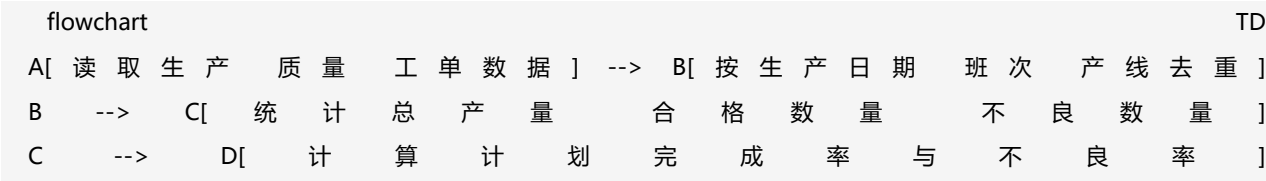
3.2.3 前置与后置条件

类型	条件
前置	MES 已提供当前范围内的计划数量、末工序完成记录、质量结果和工单状态。
后置	页面显示 KPI；计算结果连同口径版本用于埋点和诊断。

3.2.4 界面及交互

指标	展示	计算与规则	异常
总产量	已完成件数	当前班次完成末工序的唯一产品数；等于合格数加不良数	数据缺失显示 --
计划数量	当前工单或班次计划	以上游 MES 为准	缺失显示 --
计划完成率	百分比	总产量除以计划数量	计划数量为 0 显示 --
不良数量	件数	当前范围最终质量状态为不合格的唯一产品数	缺失显示 --
不良率	百分比	不良数量除以总产量	总产量为 0 显示 --
待处理工单	总数、超期数、挂起数	按 2.3.3 入选规则统计	工单接口失败显示 --

3.2.5 业务流程





3.2.6 异常与分支

场景	处理
返工产品重复过站	按产品唯一标识和 MES 质量口径去重；保留最终有效质量状态。
计划数量变更	下一次刷新使用 MES 最新计划数量；历史快照不回写。
子接口部分失败	只将受影响 KPI 置为 --；不得清空其他正常指标。
计数关系不成立	当总产量不等于合格加不良时显示数据异常并记录明细。

3.2.7 数据字典

字段名	类型	必填	说明	示例
plan_qty	Integer	是	计划数量	29
total_qty	Integer	是	完成末工序的去重数量	27
good_qty	Integer	是	合格数量	26
defect_qty	Integer	是	不良数量	1
completion_rate	Decimal(5,2)	派生	总产量/计划数量	93.10
defect_rate	Decimal(5,2)	派生	不良数量/总产量	3.70
pending_wo_count	Integer	是	待处理工单数	3
overdue_wo_count	Integer	是	超期工单数	1
suspended_wo_count	Integer	是	异常挂起数	1

3.3 OEE 及组成指标

3.3.1 描述

按同一统计范围展示 OEE、时间开动率、性能开动率和合格率，并公开关键输入，避免不同团队使用不同口径。

3.3.2 用户故事

作为班组长，我希望看到 OEE 及其组成，以便判断损失来自停机、速度还是质量。

3.3.3 前置与后置条件

类型	条件
前置	班次时长、计划停产、非计划停机、理想周期、总产量、合格数量均可用且同范围。
后置	展示计算结果、数据时间和规则版本；异常输入进入诊断日志。

3.3.4 计算规则与展示

指标	公式	展示规则
计划生产时间	班次时间 - 计划停产时间	单位秒；小于 0 视为数据异常
运行时间	计划生产时间 - 非计划停机时间	单位秒；小于 0 视为数据异常
时间开动率	运行时间 / 计划生产时间	百分比，1 位小数
性能开动率	理想周期时间 × 总产量 / 运行时间	理想周期来自产品与工艺版本；不得用 TT 代替
合格率	合格数量 / 总产量	百分比，1 位小数
OEE	时间开动率 × 性能开动率 × 合格率	百分比，1 位小数

3.3.5 业务流程

见 2.2.2 OEE 计算子流程。页面应同时展示 OEE 结果和三个组成指标；点击或悬停 [假设] 可查看计划生产时间、运行时间、理想周期、总产量与合格数量。

3.3.6 异常与分支

场景	处理	提示
任一必要字段缺失	受影响指标显示 --，不得按 0 计算	数据不完整
分母为 0	对应指标显示 --	当前范围无法计算
性能开动率超过 100%	显示 -- 并记录理想周期或计数异常	OEE 输入异常
工艺版本缺失	性能开动率与 OEE 显示 --，其余可计算项	缺少理想周期

场景	处理	提示
	继续展示	
跨班停机	按停机与班次时间交集分摊	无

3.3.7 数据字典

字段名	类型	必填	说明	示例
shift_duration_sec	Integer	是	班次总时长	28800
planned_downtime_sec	Integer	是	计划停产时长	1800
unplanned_downtime_sec	Integer	是	非计划停机时长	900
ideal_cycle_sec	Decimal(10,2)	是	产品与工艺版本理想周期	967.00
availability	Decimal(6,3)	派生	时间开动率	0.966
performance	Decimal(6,3)	派生	性能开动率	0.931
quality	Decimal(6,3)	派生	合格率	0.963
oeo	Decimal(6,3)	派生	OEE	0.866
rule_version	String(32)	是	口径规则版本	OEE-1.0

3.4 工序周期与瓶颈识别

3.4.1 描述

以工序顺序展示上料、加工、翻转打标、打孔、清洗、下料的实际平均 CT，与产品及工艺版本对应的标准 CT 对比，同时显示 TT 参考线、等待时间、样本量和状态。

3.4.2 用户故事

- 作为工艺员，我希望比较各工位实际 CT 与标准 CT，以便发现偏差。
- 作为班组长，我希望看见瓶颈和是否超过 TT，以便判断当前节奏是否满足需求。

3.4.3 前置与后置条件

类型	条件
----	----

类型	条件
前置	MES 提供工序开始、结束、有效加工、等待、设备状态、产品、工艺版本和标准 CT。
后置	页面标识瓶颈候选、TT 超限、标准超限和数据不足；不向 MES 写回。

3.4.4 界面及交互

元素	展示方式	规则
工序横轴	固定业务顺序	上料、加工、翻转打标、打孔、清洗、下料
实际与等效 CT	分组柱形	实际平均 CT 表示现场周期；等效 CT 用于跨并行工位比较
标准 CT	对比柱或折线	按产品和工艺版本读取
TT	全图参考线	按计划可用生产时间与客户需求量计算或由 MES 提供
瓶颈	醒目颜色加结论文字	区分候选观察中、相对瓶颈、能力瓶颈
状态	正常、候选观察中、相对瓶颈、能力瓶颈、数据不足、离线	颜色必须配合文字或图标
详情 [假设]	悬停或点击	显示实际 CT、标准 CT、偏差率、等待、样本量、版本

3.4.5 计算与判断规则

规则	定义
实际平均 CT	同一产品、工艺版本、工序和班次内，有效工件 CT 之和 / 有效样本数。
等效 CT	串行单工时等于实际平均 CT；同工序存在 n 个可并行且独立产出的工时，等效 CT = 实际平均 CT / 有效并行工位数。并行关系由 MES 工艺路线配置，不得由前端猜测。
标准 CT	MES 中与产品和工艺版本对应的标准工序周期。
时间偏差率	实际平均 CT / 标准 CT - 1。
等待时间	工件进入工位后未处于有效加工状态的累计时间；状态映射由

规则	定义
	MES 提供。
有效样本	工件标识完整、起止时间有效、未标记测试或作废、CT 未超过异常上限。异常上限 [待确认]。
最小样本	当前班次有效样本量不少于 3 件 [待确认]；不足时仅展示原始值，不参与瓶颈判断。
瓶颈候选	有效工序中等效 CT 最大者。并列差异不超过 1% 时同时标注候选 [假设]。
稳定性	同一候选需连续 3 个成功刷新周期保持最大等效 CT，才进入瓶颈结论；期间显示“候选观察中”。范围、产品或工艺版本变化后连续计数清零。
能力瓶颈	候选稳定 3 个周期且等效 CT > TT。显示能力瓶颈、实际值、TT、超出秒数和连续周期数。
相对瓶颈	候选稳定 3 个周期但等效 CT <= TT。说明其为整线最慢工序，但当前仍满足需求节拍。
等待改善机会	等待时间高或等待占比超过配置阈值时单独提示改善机会，不自动判为能力瓶颈。加工等待 586 秒为样例。
混线	不同产品和工艺版本分别计算，禁止直接混合平均。

3.4.6 业务流程

见 2.2.3 瓶颈判断子流程。每次成功刷新形成一次判定快照；只有统计范围一致的连续快照才能累计稳定周期。候选变化、样本失效、产品切换或工艺版本变化时计数清零。系统不得凭单件异常值切换瓶颈，也不得将等待改善机会直接等同于能力瓶颈。

3.4.7 异常与分支

场景	处理	提示
样本不足	工位置灰，不参与瓶颈判断	样本不足 n/3
设备离线	工位显示离线，不参与判断	设备离线
标准 CT 缺失	实际 CT 可显示，但偏差率显示 --	缺少标准周期
TT 缺失	不展示节拍超限，仅展示相对瓶颈	TT 未配置
候选未稳定	显示候选及连续周期数，不输出能力瓶颈	候选观察中 2/3

场景	处理	提示
	结论	
并行关系缺失	按单工位展示实际 CT，但暂停等效 CT 瓶颈结论	缺少并行工位配置
CT 为负或结束早于开始	剔除样本并记录数据质量日志	数据异常
极端异常值	按已确认规则剔除；页面显示原始数与有效数 [假设]	已剔除异常样本

3.4.8 数据字典

字段名	类型	必填	说明	示例
process_code	String(32)	是	工序编码	DRILL
process_name	String(64)	是	工序名称	打孔
process_order	Integer	是	工序顺序	4
actual_avg_ct_sec	Decimal(10, 2)	是	实际平均 CT	974.00
equivalent_ct_sec	Decimal(10, 2)	派生	用于瓶颈比较的等效 CT	974.00
parallel_station_count	Integer	是	有效并行工位数量	1
standard_ct_sec	Decimal(10, 2)	条件必填	标准 CT	967.00
takt_time_sec	Decimal(10, 2)	条件必填	TT	960.00
deviation_rate	Decimal(8,4)	派生	时间偏差率	0.0072
waiting_sec	Decimal(10, 2)	否	平均等待时间	586.00

字段名	类型	必填	说明	示例
sample_count	Integer	是	有效样本量	3
stable_cycle_count	Integer	派生	同一候选连续成功刷新周期数	3
bottleneck_type	Enum	派生	OBSERVING/RELATIVE/CAPACITY/NONE	CAPACITY
station_status	Enum	是	NORMAL/OBSERVING/RELATIVE_BN/CAPACITY_BN/INSUFFICIENT/OFFLINE	CAPACITY_BN
process_version	String(32)	是	工艺版本	R2026.08

3.5 工单管理与详情弹窗

3.5.1 描述

工单管理页集中展示当前班次或当前产线中尚未完成、超期或异常挂起的工单。列表和详情均只读；点击工单行打开详情弹窗，不产生工单状态变更。

3.5.2 用户故事

作为班组长，我希望按紧急程度看到未完成工单，以便交接时明确剩余数量、当前工序和异常原因。

3.5.3 前置与后置条件

类型	条件
前置	MES 提供工单状态、计划与完成数量、当前工序、计划完成时间和异常原因。
后置	符合条件的工单按统一规则排序展示；不提供关单或处置入口。

3.5.4 界面及交互

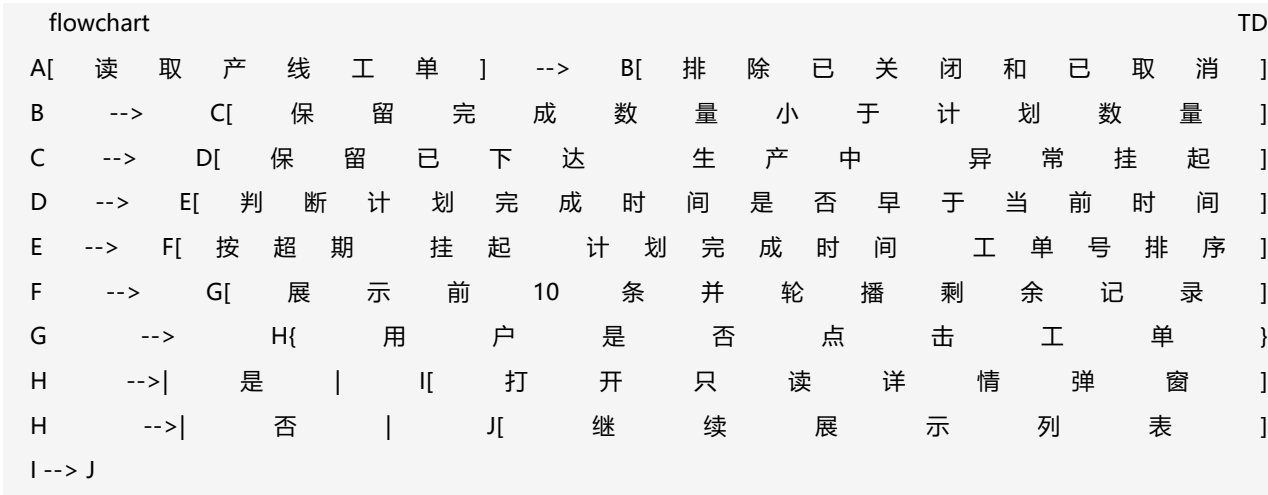
字段	展示规则
工单号	完整显示；过长时省略并在详情中显示全值 [假设]
产品型号	显示产品名称或编码，口径以 MES 为准

字段	展示规则
计划/完成/剩余	整数；剩余数量下限为 0
当前工序	显示 MES 最新有效工序
工单状态	已下达、生产中、异常挂起
计划完成时间	YYYY-MM-DD HH:mm；超期时同时显示“超期”
异常原因	异常挂起时展示 MES 分类；空值显示 --

工单详情弹窗

区域	内容	交互规则
标题区	工单号、产品型号、工单状态	状态使用文字与颜色双重表达
进度区	计划数量、完成数量、剩余数量、完成率	数值与列表同一数据快照
生产区	当前工序、计划完成时间、实际开始时间、最近过站时间	缺失值显示 --
异常区	异常分类、异常原因、异常发生时间	非异常工单显示“无异常”
关闭	右上角关闭按钮、Esc、点击遮罩	关闭后返回原列表位置和筛选条件

3.5.5 业务流程



3.5.6 异常与分支

场景	处理
完成数量大于计划数量	剩余显示 0，记录数据异常，工单仍按状态规则判断。

场景	处理
计划完成时间缺失	不判超期，排序置于有时间工单之后。
异常原因缺失	显示 --，保留异常挂起状态。
列表接口失败	保留最近成功列表并标明数据时间。
详情数据晚于列表	详情打开时沿用当前列表快照；后台刷新完成后整体更新，避免同一弹窗口径不一致。
工单已结束	若刷新后工单不再满足入选条件，弹窗保留至用户关闭并提示“工单状态已更新”。

3.5.7 数据字典

字段名	类型	必填	说明	示例
work_order_no	String(64)	是	工单唯一编号	WO20260909001
product_code	String(64)	是	产品编码	HUB-001
plan_qty	Integer	是	计划数量	29
completed_qty	Integer	是	完成数量	27
remaining_qty	Integer	派生	max(计划-完成,0)	2
current_process	String(64)	否	当前工序	打孔
work_order_status	Enum	是	RELEASED/RUNNING/SUSPENDED	RUNNING
planned_finish_time	DateTime	否	计划完成时间	2026-09-09 16:00:00
exception_code	String(32)	否	异常分类编码	TOOL_CHANGE
exception_reason	String(128)	否	异常原因	换刀等待
is_overdue	Boolean	派生	是否超期	true

3.6 自动刷新 缓存与降级

3.6.1 描述

在不干扰用户观看的前提下定时更新数据；上游异常时保留最近一次成功快照，并明确展示其时间和状态。

3.6.2 用户故事

作为现场用户，我希望看板自动更新且在接口故障时不出现空白屏，以便持续掌握已知的最近状态。

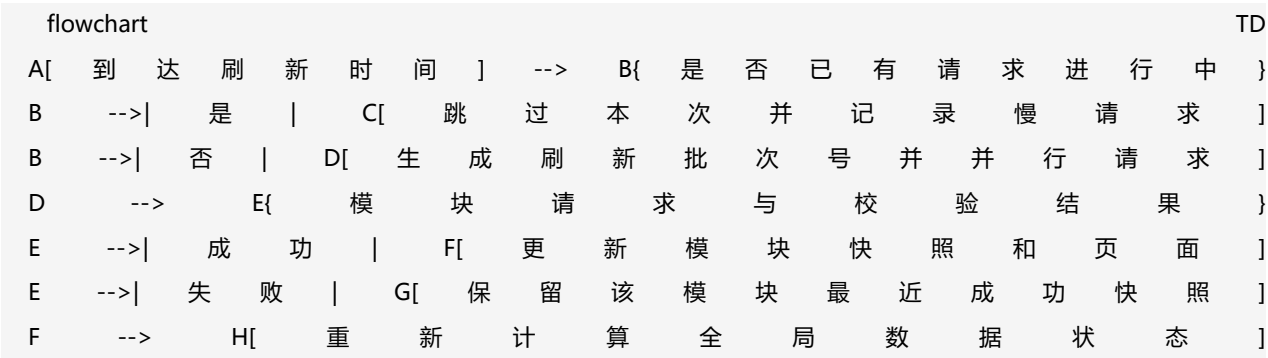
3.6.3 前置与后置条件

类型	条件
前置	刷新周期、超时、新鲜度阈值与快照策略已配置。
后置	成功时原子替换页面数据；失败时保留快照、更新状态并记录日志。

3.6.4 交互与策略

项目	规则
刷新周期	[待确认] 建议 60 秒，由后台配置，大屏不可修改。
请求超时	[待确认] 建议单接口 5 秒；总刷新窗口 10 秒。
并发请求	同一刷新批次并行请求，批次号用于丢弃旧响应。
原子更新	同一批次完成口径校验后一次性替换对应模块，避免新旧范围混屏。
数据延迟阈值	[待确认] 建议 120 秒或 2 个刷新周期，以较大者为准。
最近成功快照	保留每个模块最近一次成功数据及 source_time；不得冒充实时数据。
恢复	下一次成功刷新自动恢复正常；无需用户重载页面。

3.6.5 业务流程





3.6.6 异常与分支

场景	处理
重复刷新	同一时间只允许一个批次；手动刷新可复用当前批次。
旧请求晚到	比较批次号，丢弃早于当前批次的响应。
局部接口失败	局部使用快照并标识；其他模块继续更新。
连续失败	达到 3 次 [待确认] 记录高等级告警；页面仍保留快照。
无任何快照	显示模块空状态与失败原因，不显示 0。

3.6.7 数据字典

字段名	类型	必填	说明	示例
refresh_batch_id	String(36)	是	刷新批次标识	UUID
request_time	DateTime	是	请求时间	2026-09-09 14:30:00
source_time	DateTime	是	上游数据时间	2026-09-09 14:29:50
success_time	DateTime	否	最近成功时间	2026-09-09 14:30:02
freshness_sec	Integer	派生	当前时间-source_time	12
interface_status	Enum	是	SUCCESS/TIMEOUT/ERROR/PARTIAL	SUCCESS
error_code	String(64)	否	接口或校验错误码	MES_TIMEOUT

四 非功能需求

4.1 安全与合规

编号	需求	要求
SEC-01	只读隔离	数据访问使用只读账号或只读 API，禁止任何写回能力。
SEC-02	传输安全	使用 HTTPS 或厂内批准的加密通道；证书与密钥由统一平台管理。
SEC-03	访问控制	接入公司统一身份认证或固定大屏白名单[待确认]；按最小权限授权。
SEC-04	凭据管理	不得在前端代码、浏览器存储或配置文件明文保存账号、密码和令牌。
SEC-05	信息最小化	大屏不显示员工姓名、工号、联系方式等个人信息；异常原因只显示业务分类。
SEC-06	审计	记录配置变更、鉴权失败、接口失败和口径规则版本，不记录不必要的业务明细。
SEC-07	日志脱敏	请求日志不得记录令牌、数据库连接串或其他凭据。

4.2 统计需求与埋点

事件名	触发时机	关键属性	用途
dashboard_view	首屏完成渲染	line_code, shift_code, data_status, load_ms	使用量与加载性能
dashboard_refresh	每次刷新结束	batch_id, result, duration_ms, failed_modules	刷新成功率
dashboard_stale	状态首次变为数据延迟	freshness_sec, source_time, module	数据及时性
dashboard_error	接口或计算异常	error_code, module, rule_version	故障诊断
product_switch	用户切换产品 [假设]	from_product, to_product, shift_code	混线功能使用情况

事件名	触发时机	关键属性	用途
manual_refresh	用户点击立即刷新 [假设]	data_status, result	手动刷新需求评估
bottleneck_change	瓶颈候选变化	old_process, new_process, sample_count, actual_ct, tt	改善分析与误判监控

埋点不得采集个人身份信息。事件保留周期 [待确认]，建议 180 天；接口诊断日志建议保留 90 天。

4.3 性能 可用性与兼容性

指标	要求
首屏加载	[待确认] 厂内网络下 P95 不超过 3 秒；先显示骨架或加载状态。
接口响应	[待确认] 单接口 P95 不超过 1 秒，P99 不超过 3 秒；超时建议 5 秒。
刷新完成	[待确认] 95% 刷新批次在 5 秒内完成。
生产时段可用性	[待确认] 建议不低于 99.5%，不含计划维护窗口。
并发	[待确认] 建议支持 20 个看板终端同时在线，并预留 2 倍容量。
分辨率	1920×1080 为基准；1366×768 可完整查看核心信息，允许压缩工单行数。
浏览器	支持公司标准版 Edge 和 Chrome 最新两个主版本。
连续运行	支持 7×24 小时展示；至少每 24 小时进行一次前端资源健康检查 [假设]。
无障碍状态	异常不得只用颜色表达，必须有文字或图标。

4.4 数据设计

看板不建设独立业务主库，不复制 MES 主数据。若技术方案需要缓存和配置，建议最小化使用以下逻辑表；具体物理表、索引、分区和保留策略由架构与 DBA 评审确认。

逻辑表	关键字段	用途	生命周期
dashboard_config	line_code, refresh_sec, stale_sec, wo_page_size, enabled	看板参数配置	长期；变更留审计

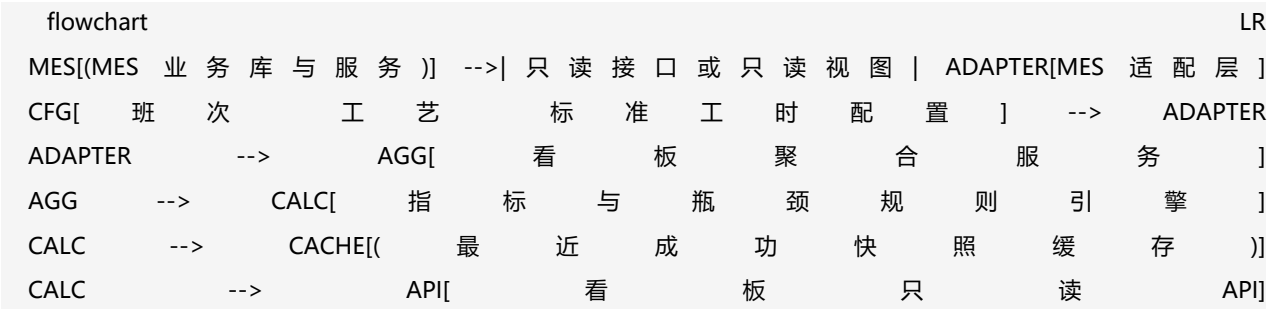
逻辑表	关键字段	用途	生命周期
dashboard_snapshot	scope_key, module, payload, source_time, success_time, rule_version	最近成功快照与故障降级	[待确认] 建议 24 小时或每范围最近 10 份
interface_call_log	batch_id, interface, result, duration_ms, error_code, created_at	接口监控与诊断	[待确认] 建议 90 天
metric_event	event_name, properties, created_at	看板埋点	[待确认] 建议 180 天
索引建议		说明	
dashboard_snapshot(scope_key, module, success_time desc)		快速取得当前范围最近成功快照。	
interface_call_log(created_at, interface, result)		按时间、接口和结果检索故障。	
metric_event(created_at, event_name)		按时间和事件聚合运营与性能数据。	

4.5 系统集成

4.5.1 集成原则

- 只读优先：看板只调用查询接口或只读视图，不复用任何可写 MES 凭据。
- 服务端汇聚：浏览器不直连 MES 数据库，由看板服务统一完成鉴权、口径计算、缓存和降级。
- 批次一致：一次刷新内的产量、质量、OEE、工序和工单数据必须带同一 scope_key 与 refresh_batch_id。
- 口径版本化：OEE、TT、返工去重、异常值与瓶颈规则均记录 rule_version，历史快照不按新规则静默重算。
- 最小侵入：优先复用 MES 现有查询能力；新增字段通过只读接口扩展，不改动设备控制与报工链路。

4.5.2 推荐集成架构



CACHE				-->				API
API	-->	WEB[	三	页	Web	看	板	]
AGG	-->	LOG[(	接	口	与	计	算	日
WEB	-->	USER[	班组长	工艺员]				志

4.5.3 数据接口映射

对接能力	方向	建议协议	数据内容	刷新
班次与产线配置	看板读取 MES	HTTPS REST/只读视图 [待确认]	生产日期、班次、产线、产品、工艺版本	启动及配置变更
生产实绩	看板读取 MES	HTTPS REST/只读视图 [待确认]	产品唯一标识、过站、完成、计划数量	60 秒 [待确认]
质量结果	看板读取 MES	HTTPS REST/只读视图 [待确认]	最终质量状态、不良分类、返工状态	60 秒 [待确认]
设备与停机	看板读取 MES	HTTPS REST/只读视图 [待确认]	运行、计划停产、故障停机、设备在线状态	60 秒 [待确认]
工序周期	看板读取 MES	HTTPS REST/只读视图 [待确认]	起止、有效加工、等待、样本、标准 CT、理想周期	60 秒 [待确认]
工单	看板读取 MES	HTTPS REST/只读视图 [待确认]	工单状态、计划、完成、当前工序、完成时间、异常原因	60 秒 [待确认]
统一认证 [假设]	看板调用认证平台	OIDC/公司统一协议	用户或终端身份、角色	会话级

4.5.4 接口共同要求

- 所有响应必须包含 result_code、request_id、source_time、data 和可选的 error_message。
- 枚举、时间区间、去重键、工艺版本和停机分类必须由 MES 团队提供数据字典。
- 接口需要支持按生产日期、班次、产线和产品过滤；数据量大时支持增量时间戳或分页。
- 重试仅用于幂等读请求，建议指数退避 1 秒、2 秒，最多 2 次 [待确认]。
- 上线前以同一班次样本对 MES 原始记录、接口结果和看板结果进行三方对账。

4.5.5 刷新与一致性方案

环节	方案	失败处理
批次创建	聚合服务生成 refresh_batch_id，并锁定生	范围无法确定时整批失败，不拼接自然日数据

环节	方案	失败处理
	产日期、班次、产线、产品和工艺版本	
并行读取	生产、质量、停机、工序、工单接口并行调用	单模块失败进入局部降级，其他模块继续
口径校验	校验 source_time、必填字段、枚举、去重键和分母	受影响指标显示 -- 并记录错误码
指标计算	服务端统一计算 OEE、TT、完成率、等效 CT 与瓶颈状态	计算越界时拒绝覆盖最近成功快照
原子发布	同一批次校验结束后一次性发布页面数据模型	丢弃晚到的旧批次响应
快照缓存	按 scope_key 和模块保留最近成功快照及 source_time	接口失败时展示快照并明确标识数据时间

4.5.6 安全与部署边界

边界	要求
网络	看板服务部署在 MES 可访问的受控网络区；浏览器仅访问看板服务。
身份	固定大屏采用受控终端身份或白名单；个人访问接公司统一认证[待确认]。
凭据	MES 凭据保存在服务端密钥管理系统，前端包、日志和浏览器存储中不得出现。
权限	接口账号仅具备所需表和字段的 SELECT 权限；禁止执行存储过程和写操作。
监控	监控成功率、P95 延迟、连续失败、数据新鲜度、计算异常与瓶颈规则版本。
发布	先在测试产线完成一个完整班次对账，再灰度到一台大屏，稳定后扩大终端范围。

4.5.7 联调顺序

- 6. MES 团队确认字段字典、枚举、唯一键、班次日历、工艺版本和并行工位关系。
- 7. 以一个已结束班次导出静态样本，完成产量、质量、OEE、工序周期和工单离线对账。
- 8. 接入测试环境只读接口，验证超时、缺字段、重复记录、跨午夜、混线和返工场景。
- 9. 在测试大屏验证 60 秒刷新、局部降级、快照恢复、三页导航和工单弹窗。
- 10. 试运行一个完整生产班次，业务、工艺、MES 和测试共同签字后上线。

五 附录

5.1 验收标准与测试要点

编号	功能	验收条件	优先级
AC-01	统计范围	给定 MES 班次日历，页面正确显示生产日期、班次、产线和产品，跨午夜班次归属与 MES 一致。	P0
AC-02	总产量	同一范围内，看板总产量与末工序唯一产品计数一致，且等于合格数加不良数。	P0
AC-03	返工去重	同一产品重复过站时，看板按 MES 唯一标识和最终有效状态计数，不重复累计。	P0
AC-04	计划完成率	计划数量大于 0 时按总产量/计划数量计算并保留 1 位小数；为 0 时显示 --。	P0
AC-05	OEE	使用同一范围输入按公式计算，结果与预期值误差不超过 0.1 个百分点。	P0
AC-06	OEE 缺失	任一必要字段缺失或分母为 0 时，受影响指标显示 --，不得显示 0。	P0
AC-07	性能口径	性能开动率使用理想周期，不使用 TT；切换工艺版本后使用对应版本。	P0
AC-08	CT 图表	六道工序按业务顺序展示实际 CT、标准 CT、TT、样本量和状态。	P0
AC-09	混线	同班次存在多个产品时，各产品 CT 分开计算，切换后不发生混合平均。	P0
AC-10	瓶颈候选	有效样本中等效 CT 最大工序标为候选；样本不足、离线或并行关系缺失时不输出能力瓶颈。	P0
AC-11	能力瓶颈	同一候选连续 3 个成功刷新周期	P0

编号	功能	验收条件	优先级
		且等效 CT 大于 TT 时，显示能力瓶颈、TT、超出秒数与连续周期数。	
AC-12	TT 缺失	TT 缺失时不误报节拍超限，仍可展示相对瓶颈。	P0
AC-13	工单筛选	已关闭、已取消或完成数量达到计划数量的工单不进入待处理列表。	P0
AC-14	工单排序	超期优先，其次异常挂起，再按计划完成时间和工单号排序。	P0
AC-15	超期	计划完成时间早于当前时间且工单未结束时标记超期。	P0
AC-16	自动刷新	达到刷新周期后自动发起请求，成功后数据与 source_time 更新。	P0
AC-17	防并发	前一刷新仍在执行时，不产生覆盖新批次结果的旧响应。	P0
AC-18	接口失败	刷新失败且有快照时保留快照，状态显示接口异常，并展示最近成功时间。	P0
AC-19	数据延迟	新鲜度超过阈值后一个刷新周期内显示数据延迟。	P0
AC-20	局部降级	单个接口失败仅影响对应模块，其他成功模块正常更新。	P0
AC-21	空数据	无产量或无工单时显示明确空状态，不显示报错或无穷大。	P0
AC-22	只读	页面不存在新增、修改、删除、报工、关单、设备控制或参数写回入口。	P0
AC-23	分辨率	1920×1080 下核心指标、工序图和 10 条工单无需纵向滚动。	P0
AC-24	性能	在约定环境和样本量下达到 4.3 节已确认的 P95 指标。	P0
AC-25	安全	前端与日志中无明文凭据；未经	P0

编号	功能	验收条件	优先级
		授权的终端无法查看业务数据。	
AC-26	页面导航	顶部导航可在产线总览、工单管理和瓶颈监控间切换，筛选范围保持一致。	P0
AC-27	工单详情	点击工单行打开只读详情弹窗；关闭后返回原列表位置，不产生 MES 写操作。	P0
AC-28	等待改善机会	加工等待 586 秒可显示为改善机会，但在不满足能力瓶颈条件时不得标为能力瓶颈。	P0

5.2 附件口径决策

材料中的信息	本 PRD 处理	原因
自动打孔 967 秒或实测平均 974 秒	作为现场 CT 样例，不写死为 TT	TT 的定义取决于计划可用生产时间和客户需求量。
打孔班产 29 件、实际约 27 件每班	作为背景和测试样例；生产值从 MES 获取	现场测时和宽放假设不能替代正式系统口径。
加工完整循环 1894 秒，其中加工约 1213 秒、等待约 586 秒	要求拆分实际 CT、有效加工和等待时间	便于区分能力瓶颈与等待浪费。
加工 631 秒、翻转打标 356 秒、打孔 967 秒、清洗 281 秒等能力表数据	仅用于历史现场参考，不作为前端固定标准	标准 CT 必须跟随产品与工艺版本。
六道核心工序	固定默认顺序：上料、加工、翻转打标、打孔、清洗、下料	与需求附件一致；实际编码由 MES 映射。

5.3 待确认项清单

必须确认 阻塞开发

编号	标记	待确认内容与默认建议	影响范围	对应章节
Q-01	[待确认]	TT 来源：建议由 MES 直接提供已审核 TT；若 MES 只提供输入，则由看板按计划可用生产时间/客户需求量计算。	指标计算、瓶颈提示、测试	1.2、3.4

编号	标记	待确认内容与默认建议	影响范围	对应章节
Q-02	[待确认]	MES 是否已具备 P-01 至 P-05 的全部数据。建议上线前先做字段盘点和一个完整班次对账。	整体开发与上线	2.1
Q-03	[待确认]	返工与质量最终状态去重规则。建议完全沿用 MES 产品唯一标识与最终有效质量状态。	产量、不良率、OEE	3.2、3.3
Q-04	[待确认]	混线展示范围。建议班次总 KPI 汇总，工序 CT 按产品和工艺版本切换查看。	页面交互、接口、测试	2.3、3.4
Q-05	[待确认]	数据访问方式与鉴权。建议优先 HTTPS 只读 API 加统一认证；数据库仅限只读视图和白名单。	架构、安全、运维	4.1、4.5

建议确认 影响完整度

编号	标记	待确认内容与默认建议	影响范围	对应章节
Q-06	[待确认]	自动刷新周期：建议 60 秒。	接口容量、数据及时性	2.3、3.6
Q-07	[待确认]	数据延迟阈值：建议 120 秒或 2 个刷新周期，以较大者为准。	状态判断、告警	3.6
Q-08	[待确认]	有效样本、稳定周期与异常值规则：建议最少 3 件、同一候选连续 3 个刷新周期；异常上限由工艺团队按产品配置。	瓶颈准确性	3.4
Q-09	[待确认]	工单首屏 10 条、每 15 秒轮播。	大屏布局、交接体验	2.3、3.5
Q-10	[待确认]	接口性能：建议 P95 1 秒、P99 3 秒、超时 5 秒。	性能与降级	3.6、4.3

编号	标记	待确认内容与默认建议	影响范围	对应章节
Q-11	[待确认]	终端访问模式：建议固定大屏使用受控终端身份，个人访问接统一认证。	权限与部署	1.3、4.1
Q-12	[假设]	提供只读产品切换和手动刷新。建议作为 P1 保留。	前端交互、埋点	2.3、2.6

可后续补充

编号	标记	待确认内容与默认建议	影响范围	对应章节
Q-13	[待确认]	上线时间与里程碑。建议接口字段确认后 4 至 6 周完成开发、联调、试运行和验收。	项目排期	2.4
Q-14	[待确认]	可用性与并发目标。建议生产时段 99.5%，20 个终端并发并预留 2 倍容量。	容量与运维	4.3
Q-15	[待确认]	快照与日志保留。建议快照 24 小时或每范围 10 份、接口日志 90 天、埋点 180 天。	存储与合规	4.2、4.4
Q-16	[待确认]	修订人、产品负责人、研发负责人、测试负责人及评审日期。	文档治理	文档头部

5.4 上线检查清单

类别	检查项	通过标准
数据	一完整班次三方对账	MES 原始记录、接口和看板计算一致
口径	TT、理想周期、停机、返工规则评审	业务、工艺、MES、测试共同签字
异常	断网、超时、缺字段、旧响应、跨班和混线测试	均符合本 PRD 降级规则
安全	账号、权限、凭据、日志检查	无写权限、无明文凭据、无个人信息

类别	检查项	通过标准
性能	目标分辨率、数据量和并发下压测	达到 4.3 已确认阈值
运维	接口告警、连续失败、恢复、版本回退	值班人可定位并恢复

5.5 交接摘要

- 本期交付三页式只读 MES 生产看板，包含产线总览、工单管理和产线瓶颈监控。
- P0 包含核心 KPI、OEE、工序 CT、稳定瓶颈判定、工单详情弹窗、页面跳转、自动刷新和故障降级。
- 附件中的 967 秒按打孔 CT 样例处理，TT 必须独立计算或由 MES 提供。
- 不同产品与工艺版本的 CT 分开计算，缺失值显示 --，不能用 0 替代。
- 下一步需要 MES 团队确认字段可用性、接口方式、去重规则和工艺版本口径。
- 业务评审需优先拍板 Q-01 至 Q-05，再进入详细设计和联调。

[汉德车桥后轮毂机加 E 线 MES 可视化看板](#)